

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-164869

(43)Date of publication of application : 29.06.1993

(51)Int.Cl.

G21C 3/328

G21C 3/62

(21)Application number : 03-333217

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 17.12.1991

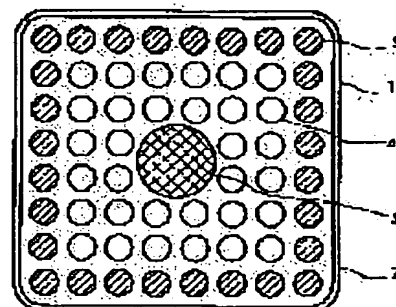
(72)Inventor : ISHII KAZUYA

## (54) FUEL ASSEMBLY

## (57)Abstract:

PURPOSE: To average the output distribution in an assembly by arranging fuels whose average pellet density in the area is larger, on the area where the ratio of hydrogen to atomic number is larger in the operation.

CONSTITUTION: A fuel assembly 1 of a square form is composed of a channel box 2, 28 fuel rods 3, 32 fuel rods 4, and one water rod 5. The volume ratio of water to fuel is about 3.2, and a soft system of neutrons is formed. The fuel pellet densities of the fuel rods 3 and 4 are about 10.75 and about 10.28g/cm<sup>3</sup> respectively, and the average density is about 10.5g/cm<sup>3</sup>. Both the fissionable plutonium enrichments of the fuel rods 3 and 4 are about 3.5w/o, and they are obtained by enriching a natural uranium. Since the fuels of a larger pellet density are used for the fuels at the periphery near the gap water where the output is liable to be increased, and the neutron spectrum there is hardened so as to reduce the output in such a way, the output peaking is reduced about 0.5 compared with the fuels in the uniform pellet density, and the output distribution is improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-164869

(43)公開日 平成5年(1993)6月29日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 2 1 C 3/328

3/62

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

GDB N 7156-2G

7156-2G

G 2 1 C 3/ 30

GDB X

審査請求 未請求 請求項の数3(全 5 頁)

(21)出願番号

特願平3-333217

(22)出願日

平成3年(1991)12月17日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 石井 一弥

茨城県日立市森山町1168番地 株式会社日

立製作所エネルギー研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

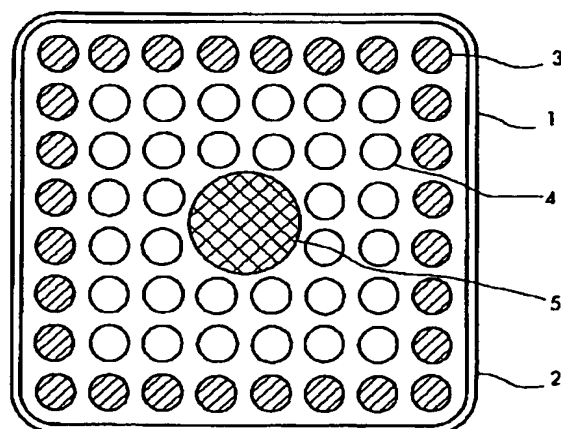
(54)【発明の名称】 燃料集合体

(57)【要約】

【構成】熱中性子炉で、プルトニウム燃料を用いる場合には、ウラン燃料を用いた場合に比べて燃料集合体内のギャップ水に近い周辺部の燃料棒でより大きな出力ピークを生じ易いため、ペレット密度の大きな燃料3、4を用いて、中性子スペクトルを硬くし、燃焼初期のその部分での反応度への寄与を小さくする。

【効果】ペレット密度が一樣の燃料を用いた場合に比べ、燃料経済性を悪化させることなく、燃料集合体内の出力分布の平坦化を図ることができる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】軽水を冷却材兼減速材とする原子炉の炉心に装荷され、使用済燃料から再処理して得られたプルトニウムを燃料の全部または一部として装荷し、複数の領域からなる燃料集合体において、領域平均のペレット密度が大きい燃料を、運転時に水素対燃料原子数比が大きい領域に配置したことを特徴とする燃料集合体。

【請求項2】請求項1において、前記燃料集合体内の燃料を外側から一層目の燃料とその他の燃料とに分けたとき、平均の燃料ペレット密度が外側で大きくなるように構成した燃料集合体。

【請求項3】請求項1において、前記燃料集合体内の燃料をチャンネルボックス外側のギャップ水、あるいは水ロッドに隣接する燃料とその他の燃料とに分けたとき、平均の燃料ペレット密度がチャンネルボックス外側のギャップ水、あるいは、水ロッドに隣接する燃料で大きくなるように構成した燃料集合体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、沸騰水型原子炉に用いる燃料集合体に係り、特に、ウラン・プルトニウムの混合酸化物燃料（MOX燃料）をもつ燃料集合体内の出力分布平坦化に好適な燃料集合体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、沸騰水型原子炉では、チャンネルボックスの中に複数の燃料棒が配置され、チャンネルボックスの外には、沸騰していないギャップ水が存在する。従って、このギャップ水の周辺では、局所的に中性子減速の良い状態が生じ、中性子スペクトルが軟らかくなっている。

【0003】一方、核分裂性プルトニウム、例えば $^{239}\text{Pu}$ は、熱エネルギー領域（1 eV以下）の核分裂断面積が、 $^{235}\text{U}$ に比べて二倍以上大きい。しかも、 $^{239}\text{Pu}$ は、図2に示すように、熱エネルギー領域の核分裂断面積の、それよりエネルギーの高い領域における核分裂断面積の比が、図3に示した $^{235}\text{U}$ に比べて大きい。従って、現行の熱中性子炉にプルトニウム燃料を用いた場合、ウラン燃料を用いた場合に比べ、ギャップ水に近い周辺部の燃料の出力が大きくなり易い。

【0004】この問題を解決し、出力分布平坦化を実現する従来の手段として、例えば、特開昭60-147685号公報を挙げられる。これは、出力のピークが生じ易い周辺部の燃料の核分裂性プルトニウム富化度を他の領域の燃料より低くし、出力分布の平坦化を図るものである。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来技術は、中性子スペクトルが硬い燃料集合体の中央部分に相対的に核分裂性プルトニウム富化度の高い燃料を用いているため、次のような問題が生じる。すなわち、中央部

分では、中性子スペクトルが硬いため燃焼が進みにくく、燃焼末期では、核分裂性物質が周辺部より多く残存しており、また、親物質（例えば、 $^{238}\text{U}$ ）の転換により、核分裂性物質（例えば、 $^{239}\text{Pu}$ ）が多く生成している。このように、中央部には周辺部より多くの核分裂性物質が存在するために、燃焼末期では、出力は中央部にピークをもつ分布となる。また、中央部分に多くの核分裂性物質が燃え残ることになり、燃料経済性という観点からは好ましくない。

【0006】本発明の目的は、燃料経済性を悪化させることなく、燃料集合体内の出力分布の平坦化を図ることにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的は、中性子スペクトルが軟らかく、燃焼初期に出力の高くなる周辺部に、他の領域の燃料に比べて、ペレット密度の大きな燃料を用いることにより達成される。

## 【0008】

【作用】以下、本発明の作用を説明する。

【0009】一般に、水素対燃料原子数比が大きくなると、燃料原子一個当りの水素原子の割合が大きくなるため、中性子は減速され易くなり、結果として中性子スペクトルが軟らかくなる。図2、図3に示したように、核分裂性核種は、熱エネルギー領域で大きな核分裂断面積をもつので、一般に中性子スペクトルが軟らかくなると燃焼初期での中性子無限増倍率は増大する。

【0010】一方、ペレット密度が小さい燃料を同じ形状の燃料集合体で用いると、燃料物質の量が減るために、水素対燃料原子数比が大きくなる。その結果、中性子スペクトルが軟らかくなり、燃焼初期での中性子無限増倍率は増大する。

【0011】具体例として、図4に、プルトニウム燃料におけるペレット密度と中性子無限増倍率との関係を示す。なお、中性子無限増倍率は、ペレット密度10.5 g/cc（従来の燃料）の場合を基準としてその差を示している。また、核分裂性プルトニウム富化度は、3.5 w/oである。燃焼初期には、同じ核分裂性プルトニウム富化度でも、ペレット密度が約10%小さくなると、中性子無限増倍率が約1%Δk大きくなる。しかし、平均の取出燃焼度である30 GWd/tでは、その差が約0.3%Δkに縮小する。

【0012】従って、中性子スペクトルの軟らかい、ギャップ水に近い周辺部に、他の領域に比べてペレット密度の大きな燃料を用いることにより、燃焼を通して出力分布の平坦化を図ることができる。つまり、燃焼初期において出力が高くなり、燃焼末期には低くなる傾向のあるギャップ水に近い周辺部の出力を、その領域の核分裂性プルトニウム富化度を低くすることなく、燃焼初期において低め、かつ、燃焼末期において高めることが可能となる。また、相対的に中央部の燃料の核分裂性プルト

3

ニウム富化度を高くしないので、上述のように、燃料経済性を悪化させないですむ。

【0013】

【実施例】以下、本発明の燃料集合体を実施例を用いて説明する。

【0014】図1は、本発明になる燃料集合体の第一の実施例を示したものである。本実施例では、燃料集合体1は四角形状をしており、チャンネルボックス2、二十八本の燃料棒3、32本の燃料棒4と一本の水ロッド5とからなっている。また、本燃料集合体の水対燃料体積比は約3.2で、中性子スペクトルの軟らかい体系である。燃料棒3は、燃料ペレット密度が10.75g/ccのプルトニウム燃料を装荷したもの、燃料棒4は、燃料ペレット密度が10.28g/ccのプルトニウム燃料を装荷したものである。集合体平均の燃料ペレット密度は、従来の燃料と同様10.5g/ccである。なお、燃料棒3、4とも、核分裂性プルトニウム富化度は3.5w/oで、天然ウランに富化している。

【0015】本実施例では、ギャップ水に近く、出力が高くなり易い周辺部の燃料に、他の領域に比べペレット密度の大きな燃料を用いることにより、そこで中性子スペクトルを硬くし、出力を低減している。その結果、ペレット密度一様の燃料に比べ、燃料集合体内の出力ピーキングが約0.5%小さくなり、出力分布を改善する効果がある。また、中央部の核分裂性プルトニウム富化度を高めないので、燃料経済性を損なうことがない。

【0016】図5は、本発明になる燃料集合体の第二の実施例を示す図である。本実施例の燃料集合体は、四十本の燃料棒3と二十本の燃料棒6で構成されている。燃料棒6は、燃料ペレット密度が10.0g/ccのプルトニウム燃料を装荷したものである。集合体平均の燃料ペレット密度は、10.5g/ccである。なお、燃料棒6の核分裂性プルトニウム富化度は3.5w/oで、天然ウランに富化している。

【0017】ところで、水ロッドの中の水は、ギャップ水同様沸騰していないので、水ロッドの周辺では、局所的に中性子減速の良い状態が生じている。この点を考慮して、本実施例では、ギャップ水及び水ロッドの周辺には、ペレット密度の大きな燃料を用いた。その結果、ペレット密度一様の燃料に比べ、燃料集合体内の出力ピーキングが約0.8%小さくなり、出力分布を改善する効果がある。また、中央部の核分裂性プルトニウム富化度を高めないので、燃料経済性を損なうことがない。

【0018】図6は、本発明になる燃料集合体の第三の実施例を示す図である。本実施例の燃料集合体は、四本

4

の燃料棒7、二十四本の燃料棒8、十二本の燃料棒9と二十本の燃料棒10で構成されている。燃料棒7は、ペレット密度が10.5g/ccで濃縮度2.0w/oのウラン燃料を装荷したもの、燃料棒8は、ペレット密度が10.75g/ccで核分裂性プルトニウム富化度が2.0w/oのプルトニウム燃料を装荷したもの、燃料棒9は、ペレット密度が10.75g/ccで核分裂性プルトニウム富化度が4.5w/oのプルトニウム燃料を装荷したもの、燃料棒10は、ペレット密度が10.05g/ccで核分裂性プルトニウム富化度が4.5w/oのプルトニウム燃料を装荷したものである。集合体平均の燃料ペレット密度は、10.5g/ccである。なお、プルトニウムは、天然ウランに富化している。

【0019】本実施例では、出力ピーキング低減のために、ギャップ水に近い周辺部の燃料の核分裂性プルトニウム富化度を下げ、特に出力のピークが生じ易いコーナ部には、ウラン燃料を用いた。これにより、周辺部及び水ロッドに隣接する部分にペレット密度が大きい燃料を用いている効果と併せて、燃料集合体内の出力分布をより平坦化できる。

【0020】

【発明の効果】本発明によれば、中性子スペクトルの軟らかい、ギャップ水に近い周辺部、あるいは、水ロッドに近い部分に、他の領域の燃料に比べて、ペレット密度の大きな燃料を用いることにより、燃料経済性を悪化させることなく、燃料集合体内の出力分布の平坦化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の燃料集合体の第一の実施例を示す断面図。

【図2】中性子エネルギーと<sup>239</sup>Puの核分裂断面積との関係を示す説明図。

【図3】中性子エネルギーと<sup>235</sup>Uの核分裂断面積との関係を示す説明図。

【図4】プルトニウム燃料のペレット密度と中性子無限増倍率との関係を示す説明図。

【図5】本発明の燃料集合体の第二の実施例を示す断面図。

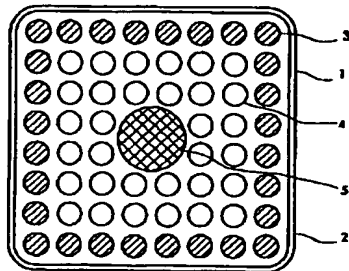
【図6】本発明の燃料集合体の第三の実施例を示す断面図。

【符号の説明】

1…燃料集合体、2…チャンネルボックス、3、4…プルトニウム燃料を装荷した燃料棒、5…水ロッド。

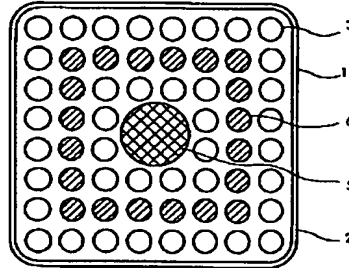
【図1】

図 1



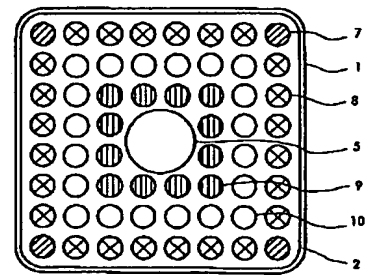
【図5】

図 5



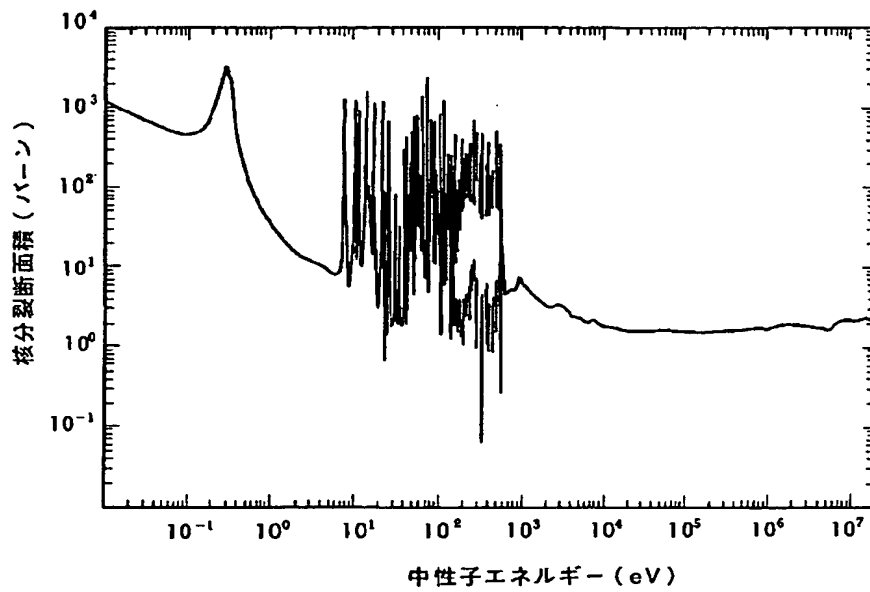
【図6】

図 6



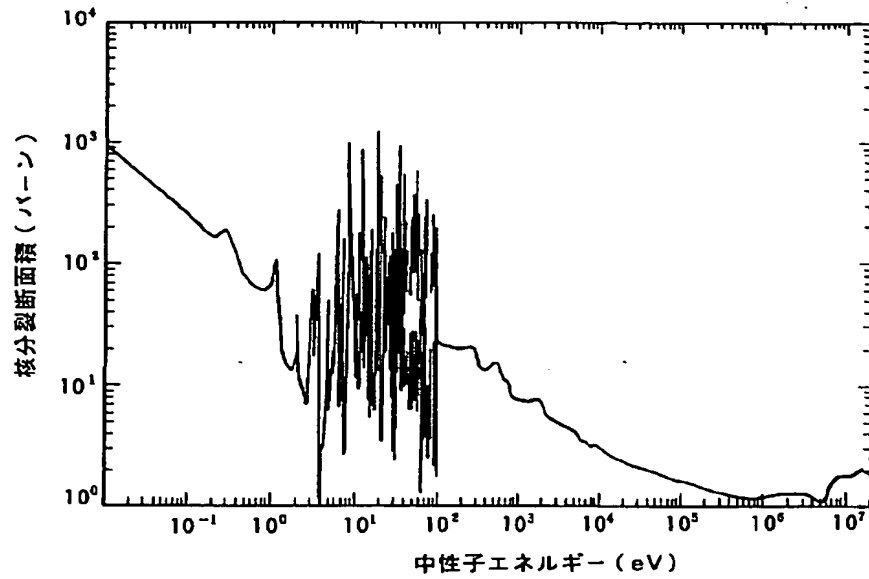
【図2】

図 2



【図3】

図 3



【図4】

図 4

